德氏乳杆菌对育肥猪胴体性状及肉品质的影响

侯改凤[1,2] 李 瑞[1,2*] 刘 明[1,2] 彭 伟[1,2] 潘 杰[1,2] 李四元[1,2] 黄兴国[1,2**]

（1.湖南农业大学动物科学技术学院，长沙 410128；2.湖南畜禽安全生产协同创新中心，长沙，410128）

摘 要：本试验旨在研究无抗生素饲粮中添加德氏乳杆菌对育肥猪胴体性状、肉品质及背最长肌营养成分的影响。试验选用健康、平均体重为（65.34±3.64） kg 的“杜×（长×大）”育肥猪 120 头，随机分为 2 个组，每组 6 个重复，每个重复 10 头猪（公母各占 1/2）。对照组饲喂无抗生素基础饲粮，试验组饲喂在无抗生素基础饲粮中添加 0.1%德氏乳杆菌的饲粮。试验期 42 d。结果表明：2 组育肥猪的胴体性状差异不显著（P>0.05）；与对照组相比，试验组育肥猪的脾重率和胰重率显著升高（P<0.05）；宰后 45 min 时 2 组育肥猪的肉品质差异不显著（P>0.05），宰后 24 h 时，与对照组相比，试验组育肥猪肉的黄度显著升高（P<0.05），剪切力显著降低（P<0.05）；与对照组相比，试验组育肥猪背最长肌中甘氨酸、丙氨酸和风味氨基酸含量显著升高（P<0.05），葵酸和棕榈酸含量显著降低（P<0.05），棕榈油酸、亚油酸和多不饱和脂肪酸含量显著升高（P<0.05）。结果提示，无抗生素饲粮中添加 0.1%德氏乳杆菌对育肥猪的胴体性状、肉品质及肉中营养成分具有一定改善作用。

关键词：德氏乳杆菌；育肥猪；胴体性状；肉品质；营养成分

中图分类号：S828；S816.7　　文献标识码：　　文章编号：

动物饲粮中添加饲用抗生素可起到促生长和疾病防治作用[1]，然而，抗生素在使用过程中造成的细菌耐药性、基因突变、交叉感染、畜禽免疫力下降、畜产品和环境中药物残留等问题严重威胁着人类健康[2-3]。近年来，人们开始寻求和研发安全、高效、绿色的新型饲用

收稿日期：2015-12-31
基金项目：国家科技计划课题（2013BAD21B04）；国家自然科学基金项目（31372322）；湖南省战略性新兴产业项目（2014GK1034）
作者简介：侯改凤（1988-），女，新疆霍城人，博士研究生，从事饲料资源开发与利用研究。E-mail: hougf521@163.com
*同等贡献作者
**通信作者：黄兴国，教授，博士生导师，E-mail: huangxi8379@aliyun.com.

抗生素替代产品，而以乳酸杆菌为代表的益生菌制剂就是其中一个重要的研究热点。诸多研究表明，通过灌服和在饲粮中添加单一乳酸菌制剂可促进畜禽生长、预防及治疗腹泻[4-5]。本课题组前期研究表明，德氏乳杆菌（*Lactobacillus delbrueckii*）作为一种乳酸菌制剂，其在仔猪上的应用表现出了较好的促生长和抗腹泻效果[6-7]，而有关德氏乳杆菌在生长育肥猪阶段的研究较少，在育肥猪肉品质方面的研究更是鲜有报道。鉴此，本试验旨在研究无抗生素饲粮中添加德氏乳杆菌对育肥猪胴体性状、肉品质和背最长肌营养成分的影响，为无抗生素生产提供可行途径，为无抗生素猪肉的开发提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

德氏乳杆菌由湖南农业大学动物科学技术学院功能微生物实验室筛选，武汉大学菌种保藏中心鉴定保藏（保藏号 M207096）。菌种活化后，送至北京国家粮食局科学研究院生产包被为微胶囊菌粉制剂（活菌数≥1.01×10^9 CFU/g）。

1.2 试验饲粮

试验采用玉米-豆粕型基础饲粮，参照 NRC（1998）育肥猪（60~110 kg）饲养标准推荐的营养需要量进行饲粮配制，饲粮制成粉料（不含抗生素），基础饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1 基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis) %

原料 Ingredients	含量 Content	营养水平 Nutrient levels2)	含量 Content
玉米 Corn	67.83	代谢能 ME/(MJ/kg)	13.36
豆粕 Soybean meal	23.00	粗蛋白质 CP	15.50
麦麸 Wheat bran	4.00	钙 Ca	0.60
豆油 Soybean oil	2.00	总磷 TP	0.55

磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.17	有效磷 AP	0.32
食盐 Nacl	0.40	赖氨酸 Lys	1.03
石粉 Limestone	0.60	蛋氨酸+胱氨酸 Met+Cys	0.59
预混料 Premix[1)]	1.00	苏氨酸 Thr	0.70
合计 Total	100.00	色氨酸 Trp	0.18

[1)]预混料为每千克饲粮提供 Premix provided the following per kg of the diet：VA 2 512 IU，VD_3 1 200 IU, VE 34 IU，VK_3 1.5 mg，VB_{12} 17.6 μg，核黄素 riboflavin 2.5 mg，泛酸 pantothenic acid 6.8 mg，烟酸 nicotinic acid 20.3 mg，氯化胆碱 choline chloride 351 mg，Mn 10 mg，Fe 50 mg，Zn 50 mg，Cu 20 mg，I 0.3 mg，Se 0.3 mg。

[2)]营养水平均为计算值。Nutrient levels were all calculated values.

1.3 试验设计和饲养管理

饲养试验在湖南攸县网岭四监区原种猪场进行，选用健康、平均体重为（65.34±3.64）kg 的“杜×（长×大）”育肥猪 120 头，随机分为 2 组，每组 6 个重复，每个重复 10 头猪（公母各占 1/2）。圈舍采用水泥漏粪板，饲养密度为 1.544 m^2/头。对照组饲喂无抗生素基础饲粮，试验组饲喂在无抗生素基础饲粮中添加 0.1%德氏乳杆菌的饲粮，试验期 42 d。试验期间，每天喂料 2 次，自由采食和饮水，其他饲养管理与免疫程序同猪场一致。试验 42 d 时[平均体重为（91.62±4.03） kg）]，每个重复选取 1 头体重接近平均值的育肥猪，停食、停水 24 h 后进行屠宰，测定育肥猪胴体性状、体组分比率指标，取头半棘肌和背最长肌进行猪肉品质测定。分离左半胴体背最长肌，相同部位取样 100 g，装入密封袋后，转入-20 ℃冰箱保存，待背最长肌营养成分测定。

1.4 测定指标与方法

1.4.1 胴体性状

参照《瘦肉型种猪性能测定技术规程》（GB 8467－1987）测定育肥猪的胴体重、屠宰

率、背膘厚、皮厚和胴体长，根据郇理洋[8]和李瑞等[9]的方法测定瘦肉率和眼肌面积。

$$瘦肉率（\%）＝76.58-0.13X_1-1.65X_2。$$

式中：X_1为宰前活重（kg）；X_2为平均背膘厚（cm）。

眼肌面积（cm^2）：用铅笔在硫酸纸上画出眼肌轮廓，通过重量法计算出眼肌面积。

1.4.2　体组分比率

体组分比率（%）：指头、蹄、心脏、肝脏、肺脏、脾脏、肾脏、胰腺分别占宰前活重的百分比率。

板油率采用以下公式计算：

$$板油率（\%）＝100\times板油重/胴体重。$$

1.4.3　肉品质

参照陈润生[10]的方法，将头半棘肌和背最长肌样品放入 4 ℃冰箱，于宰后 45 min 和 24 h 分别测定肌肉 pH、肉色等肉品质指标。利用 testo 205 酸度计、允许膨胀压缩仪 PY-1、数显式肌肉嫩度仪 C-LM3B 和色度仪 CR-400 分别测定肌肉的 pH、系水力、剪切力和肉色；按美制 NPPC 比色板（1991 版）5 级分制标准进行肉色和大理石纹评分。

1.4.4　背最长肌营养成分分析

从-20 ℃冰箱取出背最长肌样品，解冻后切片，放入不锈钢托盘，利用 FD-1A-50 型真空冷冻干燥机（上海皓庄）在（10±5） Pa，-(45±5) ℃冷冻干燥 24 h，冻干样粉碎后备用。利用凯氏定氮法和索氏提取法测定冻干肉样中粗蛋白质和肌内脂肪含量，参照柏美娟等[11]的方法测定冻干肉样中氨基酸和脂肪酸含量。

氨基酸：用分析天平称取 0.5 g 左右冻干肉样粉，装入水解管，加入 10 mL 盐酸（6 mol/L）密封混匀，110 ℃恒温消化 24 h，转入 100 mL 容量瓶定容，取 5 mL 再定容至 50 mL，取 2 mL 过 0.45 μm 微孔滤膜，利用日立 L-8800 全自动氨基酸分析仪测定样液中氨基酸含量，乘以稀释倍数后换算成肌肉中氨基酸的含量。

脂肪酸：用分析天平称取 0.5 g 左右冻干肉样粉，装入 10 mL 带塞试管中，加入 2 mL 石油醚-乙醚（体积比为 1:1）浸提 24 h，再加入 2 mL KOH-甲醇液（0.004 mol/mL），50 ℃水浴，酯化 30 min，加 2 mL 蒸馏水分层，吸上层液 5 μL，用安捷伦-5890 型气相色谱仪检测样液中脂肪酸各组分含量。

1.5　数据统计与分析

试验数据采用 SPSS 17.0 统计软件进行 *t* 检验，结果以“平均值±标准差”表示，$P<0.05$ 为差异显著。

2　结果与分析

2.1　德氏乳杆菌对育肥猪胴体性状的影响

由表 2 可知，2 组育肥猪宰前活重差异不显著（$P>0.05$）。与对照组相比，试验组育肥猪的屠宰率、瘦肉率、体斜长和眼肌面积分别提高了 1.96%、0.69%、3.28%和 3.11%，胴体重、体直长、背膘厚和皮厚分别降低了 0.07%、0.53%、4.93%和 3.70%，但差异均不显著（$P>0.05$）。

表 2　德氏乳杆菌对育肥猪胴体性状的影响

Table 2　Effects of *Lactobacillus delbrueckii* on carcass traits of fattening pigs　（*n*=12）

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Experimental group	*P* 值 *P*-value
宰前活重 Slaughter weight/kg	104.50±4.56	102.50±3.18	0.31
胴体重 Carcass weight/kg	73.42±3.93	73.37±1.01	0.08
屠宰率 Dressing percentage/%	70.25±1.74	71.63±2.21	0.96
瘦肉率 Lean meat percentage/%	59.65±1.04	60.06±0.80	0.49
体直长 Body straight length/cm	94.17±6.50	93.67±1.15	0.09
体斜长 Body slanting length/cm	81.17±5.38	83.83±2.71	0.47

背膘厚 Backfat thickness/cm	2.03±0.47	1.93±0.33	0.14
皮厚 Skin thickness/cm	0.27±0.05	0.26±0.03	0.07
眼肌面积 Loin eye area/cm^2	57.19±10.09	58.97±4.23	0.16

同行数据肩标相同字母或无字母表示差异不显著（*P*>0.05），不同小写字母表示差异显著（*P*<0.05）。下表同。

In the same row, values with the same or no letter superscripts mean no significant difference (*P*>0.05), and with different small letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05). The same as below.

2.2 德氏乳杆菌对育肥猪体组分比率的影响

由表 3 可知，与对照组相比，试验组育肥猪的头重率、蹄重率、板油率和肾重率分别降低了 0.65%、6.15%、5.98%和 5.26%，但差异均不显著（*P*>0.05）；脾重率和胰重率分别显著提高了 22.73%和 22.22%（*P*<0.05）；心重率、肝重率和肺重率分别提高了 10.20%、5.31%、7.94%，但差异不显著（*P*>0.05）。

表 3 德氏乳杆菌对育肥猪体组分比率的影响

Table 3 Effects of *Lactobacillus delbrueckii* on body composition rate of fattening pigs

（*n*=12） %

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Experimental group	*P* 值 *P*-value
头重率 Head weight rate	6.20±0.45	6.16±0.40	0.73
蹄重率 Hoof weight rate	2.44±0.20	2.29±0.20	0.89
板油率 Leaf fat rate	1.17±0.33	1.10±0.24	0.29
心重率 Heart weight rate	0.49±0.05	0.54±0.08	0.92
肝重率 Liver weight rate	2.07±0.17	2.18±0.19	0.84

脾重率 Spleen weight rate	0.22±0.04[b]	0.27±0.05[a]	0.03
肺重率 Lung weight rate	1.26±0.18	1.36±0.33	0.62
肾重率 Kidney weight rate	0.38±0.03	0.36±0.03	0.15
胰重率 Pancreatic weight rate	0.18±0.02[b]	0.22±0.08[a]	<0.05

2.3 德氏乳杆菌对育肥猪肉品质的影响

由表 4 可知，宰后 45 min 时，试验组育肥猪肉的红度（redness，a*）、黄度（yellowness，b*）、肉色、pH_1、pH_2 和系水力较对照组分别提高 2.37%、0.28%、5.11%、1.52%、0.47%和 0.21%，而亮度（lightness，L*）较对照组降低 1.65%，但差异均不显著（P>0.05）；宰后 24 h，与对照组相比，红度、黄度、肉色、pH_1 和 pH_2 分别提高了 5.14%（P>0.05）、23.38%（P<0.05）、0.71%（P>0.05）、0.98%（P>0.05）和 1.62%（P>0.05），而亮度、大理石纹、系水力和剪切力分别降低了 0.63%（P>0.05）、2.46%（P>0.05）、8.66%（P>0.05）和 10.00%（P<0.05）。

表 4 德氏乳杆菌对育肥猪肉品质的影响

Table 4 Effects of *Lactobacillus delbrueckii* on meat quality of fattening pigs

项目 Items		对照组 Control group	试验组 Experimental group	*P* 值 *P*-value
宰后 45 min 45 min after slaughter	亮度 Lightness	43.15±1.18	42.44±0.90	0.44
	红度 Redness	4.64±0.47	4.75±0.72	0.14
	黄度 Yellowness	3.51±0.37	3.52±0.55	0.23
	肉色 Meat color	3.33±0.26	3.50±0.00	0.10
	大理石纹 Marbling	3.42±0.20	3.42±0.20	1.00
	pH_1	6.56±0.16	6.66±0.19	0.66
	pH_2	6.44±0.10	6.47±0.12	0.83
	系水力 Water holding capacity/%	23.49±3.83	23.54±2.97	0.29

宰后 24 h	亮度 Lightness	49.02±3.12	48.71±3.28	0.69
24 h after slaughter	红度 Redness	6.42±1.69	6.75±1.34	0.25
	黄度 Yollowness	4.79±1.00[b]	5.91±0.75[a]	<0.05
	肉色 Meat color	3.00±0.00	3.08±0.20	0.31
	大理石纹 Marbling	3.25±0.27	3.17±0.26	0.45
	pH_1	6.12±0.44	6.18±0.36	0.58
	pH_2	5.65±0.20	5.69±0.13	0.13
	系水力 Water holding capacity/%	3.58±0.48	3.27±0.48	0.72
	剪切力 Shear force/N	34.31±2.83[a]	30.88±3.74[b]	<0.05

pH_1，头半棘肌的 pH；pH_2，背最长肌的 pH。肉色、大理石纹样本数为 12；亮度、黄度、红度、pH 和系水力每个样本 3 个重复的测定值，样本数为 12×3=36；剪切力样本数为 12×10=120。

pH_1 represented the value of pH for semispinalis capitis and pH_2 for *longissimus dorsi*. Twelve pork samples (12 pigs) was for meat color or marbling determination, respectively. Thirty-six pork subsamples (12×3=36) was for measurement of meat lightness, redness, yellowness, pH or water holding capacity, respectively, and each sample (one pig) had three subsamples. One hundred and twenty pork subsamples (12×10=120) was for shear force determination, and each sample (one pig) had ten subsamples.

2.4 德氏乳杆菌对育肥猪背最长肌营养成分的影响

由表 5 可知，2 组育肥猪背最长肌中粗蛋白质和肌内脂肪含量没有显著差异（$P>0.05$）；与对照组相比，试验组粗蛋白质含量升高了 0.19%，肌内脂肪含量降低了 0.39%。

表 5 德氏乳杆菌对育肥猪背最长肌粗蛋白质和肌内脂肪含量的影响

Table 5 Effects of *Lactobacillus delbrueckii* on CP and intramuscular fat contents of

Longissimus dorsi of fattening pigs （*n*=24） %

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Experimental group	*P* 值 *P*-value
粗蛋白质 CP	79.57±2.28	79.72±2.20	0.63
肌内脂肪 Intramuscular fat	7.80±0.52	7.77±0.82	0.09

由表 6 可知，2 组育肥猪背最长肌中甘氨酸、丙氨酸和风味氨基酸含量差异显著（*P*<0.05），其他氨基酸含量差异不显著（*P*>0.05）。试验组育肥猪背最长肌中天冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、半胱氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、络氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、组氨酸、精氨酸、脯氨酸、必需氨基酸、风味氨基酸和总氨基酸含量分别较对照组提高了 0.96%、0.36%、2.82%、2.54%、21.48%、5.54%、1.71%、1.54%、4.12%、1.67%、2.95%、2.99%、4.36%、1.64%、4.41%、2.04%、5.13%和 3.31%，缬氨酸含量较对照组降低了 1.19%。

表 6 德氏乳杆菌对育肥猪背最长肌氨基酸组成的影响

Table 6 Effects of *Lactobacillus delbrueckii* on amino acid composition of *Longissimus dorsi* of fattening pigs （*n*=24） %

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Experimental group	*P* 值 *P*-value
天冬氨酸 Asp[1]	6.22±0.56	6.28±0.45	0.21
苏氨酸 Thr[2]	2.74±0.91	2.75±0.27	0.96
丝氨酸 Ser	2.84±0.78	2.92±0.45	0.73
谷氨酸 Glu[1]	9.45±0.69	9.69±0.73	0.54
甘氨酸 Gly[1]	2.98±0.78^{b}	3.62±0.36^{a}	0.02
丙氨酸 Ala[1]	3.97±0.21^{b}	4.19±0.32^{a}	0.03

半胱氨酸 Cys	2.33±0.19	2.37±0.22	0.40
缬氨酸 Val[2]	3.37±0.41	3.33±0.23	0.92
蛋氨酸 Met[2]	1.87±0.48	1.87±0.34	0.28
异亮氨酸 Ile[2]	3.24±0.23	3.29±0.30	0.76
亮氨酸 Leu[2]	6.30±0.62	6.56±0.38	0.42
络氨酸 Tyr	2.39±0.57	2.43±0.17	0.53
苯丙氨酸 Phe[2]	3.05±0.10	3.14±0.20	0.35
赖氨酸 Lys[2]	5.36±0.86	5.52±0.76	0.87
组氨酸 His	4.59±0.37	4.79±0.78	0.88
精氨酸 Arg	4.26±0.36	4.33±0.34	0.36
脯氨酸 Pro	2.72±0.64	2.84±0.51	0.45
必需氨基酸 EAA	25.93±1.21	26.46±2.02	0.55
风味氨基酸 FAA	22.62±1.03^{b}	23.78±1.56^{a}	0.03
总氨基酸 TAA	67.68±3.24	69.92±2.66	0.49

1) 风味氨基酸 The flavor amino acids。

2) 必需氨基酸 The essential amino acids。

由表 7 可知，2 组育肥猪背最长肌中葵酸、棕榈酸、棕榈油酸、亚油酸和多不饱和脂肪酸含量差异显著（*P*<0.05）。与对照组相比，试验组育肥猪背最长肌中葵酸和棕榈酸含量分别降低了 6.67%和 4.88%，棕榈油酸、亚油酸和多不饱和脂肪酸含量分别升高了 6.84%，28.48%和 24.44%。其他脂肪酸含量差异不显著（*P*>0.05）。

表 7 德氏乳杆菌对育肥猪背最长肌脂肪酸组成的影响

Table 7 Effects of *Lactobacillus delbrueckii* on fatty acid composition of *Longissimus dorsi* of fattening pigs （*n*=24） %

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Experimental group	*P* 值 *P*-value
葵酸 Canoic acid (C10:0)	0.15±0.03[a]	0.14 ±0.01[b]	<0.05
月桂酸 Lauric acid (C12:0)	0.13±0.01	0.11 ±0.01	0.50
肉豆蔻酸 Myristic acid (C14:0)	1.47±0.14	1.36 ±0.15	0.83
十五烷酸 Pentadecanoic acid (C15:0)	0.11±0.02	0.08 ±0.02	1.00
棕榈酸 Palmitic acid (C16:0)	24.37±1.66[a]	23.18±0.46[b]	<0.05
棕榈油酸 Palmitoleic acid (C16:1)	3.07±0.84[b]	3.28±0.17[a]	0.02
十七烷酸 Daturic acid (C17:0)	0.44±0.04	0.34±0.03	0.66
顺十七碳烯酸 Cis-heptadecenoic acid (C17:1)	0.70±0.20	0.63±0.16	0.36
硬脂酸 Stearic acid (C18:0)	12.96±1.00	12.20±0.66	0.75
油酸 Oleic acid (C18:1)	43.53±2.25	42.37±1.35	0.18
亚油酸 Linoleic acid (C18:2)	11.20±3.57[b]	14.39±0.72[a]	0.01
亚麻酸 Linolenic acid (C18:3)	0.87±0.08	0.74 ±0.07	0.69
顺二十烯酸 Cis-eicosenoic acid (C20:1)	0.46±0.14	0.62 ±0.15	0.92
顺二十碳二烯酸 Cis-eicosadienoic acid (C20:2)	0.53±0.06	0.55 ±0.05	0.95
饱和脂肪酸 Saturated fatty acids	39.63±2.66	37.42±1.01	0.11
单不饱和脂肪酸 Monounsaturated fatty acids	47.77±1.75	46.90±1.44	0.95
多不饱和脂肪酸 Polyunsaturated fatty acids	12.60±3.55[b]	15.68±0.76[a]	0.02
不饱和脂肪酸 Unsaturated fatty acids	60.37±2.66	62.58±1.01	0.17

3 讨 论

3.1 德氏乳杆菌对育肥猪胴体性状和体组分比率的影响

本试验中，相对于对照组，试验组的屠宰率和瘦肉率得到提高，而屠宰率和瘦肉率可在

一定程度上反映动物的生长性能和屠宰性能[12-13]，这与李瑞等[14]在饲粮中添加 0.1%德氏乳杆菌制剂可改善育肥猪生长性能的研究结果相一致。研究表明，猪胴体性状中眼肌面积与胴体瘦肉率呈正相关，而背膘厚与瘦肉率和眼肌面积呈显著或极显著负相关[15-16]。本研究中，试验组眼肌面积和瘦肉率提高，背膘厚降低，说明饲粮中添加德氏乳杆菌可提高育肥猪胴体瘦肉率。此外，在宰前活重相近的情况下，试验组头重率、蹄重率、板油率和肾重率较对照组有降低趋势，也在一定程度上反映了饲粮中添加德氏乳杆菌可改善育肥猪胴体性状。试验组的板油率降低，说明德氏乳杆菌对育肥猪的体脂沉积有一定的调节作用。Sharifi 等[17]在肉鸡的高脂饲粮中添加益生菌制剂（含 3.09×10^{10} CFU/g 德氏乳杆菌），肉鸡对脂肪消化率降低，体脂沉积降低，体重减轻，这可能与肠道益生菌对能量的代谢调节有关[18]。

内脏器官重量和器官指数可在一定程度上反映动物机体的机能状况[12]。脾脏中含有大量的淋巴细胞和巨噬细胞，是动物体内最大的免疫器官，在动物体液和细胞免疫中具有重要作用；胰脏能分泌多种消化酶，是消化系统的重要器官；肝脏和肾脏是动物机体重要的新陈代谢器官，在正常生理状况下，各自比重率升高反映机体免疫、消化和代谢功能的增强[19]。本试验中，试验组脾重率和胰重率显著提高，心重率、肝重率和肺重率有提高趋势。试验组脾重率和胰重率显著升高可能与德氏乳杆菌进驻育肥猪肠道后调节机体免疫力和促进肠道养分消化吸收有关。李瑞等[5]和龚郁[7]的研究均表明，德氏乳杆菌可提高哺乳仔猪的免疫功能，提高机体代谢，促进仔猪生长。由此可知，饲粮中添加德氏乳杆菌具有改善育肥猪胴体性状，增强机体代谢、免疫和消化功能。

3.2 德氏乳杆菌对育肥猪肉品质的影响

诸多研究表明，育肥猪饲粮中添加乳酸菌制剂可改善肌肉 pH 和肉色，降低肌肉滴水损失和蒸煮损失，增强猪肉持水性，降低剪切力，提高猪肉嫩度，调配肌肉中养分含量，改善胴体品质和肌肉质量[4,20-24]。研究发现，乳酸菌定植肠道后可产生乳酸等益生代谢产物、降低肠道 pH、抑制病原菌生长、维持肠道微生态平衡，其在生长繁殖过程中产生的多种消化

酶可促进肠道对营养物质的消化利用[25]；同时，有益菌群定植可降低未消化养分流入后肠发酵，升高养分吸收，这在一定程度上能改变动物机体营养组成结构，影响肉品质[26]。本试验中，育肥猪饲粮中添加 0.1%德氏乳杆菌，试验组宰后 24 h 肉色黄度增加，剪切力减小，嫩度增加，与乳酸菌制剂改善肉品质的报道结果基本一致。德氏乳酸菌作为一种乳酸菌制剂对猪肉品质的改善作用可能与上述机理有关。另外，已有研究表明，育肥猪饲粮中添加 0.1%德氏乳杆菌制剂可改善肠道结构形态，促进肠道对养分的消化吸收及代谢[27]，降低肠道对胆汁酸的重吸收，干扰胆汁酸的肠肝循环进而调节脂代谢[14]，改善机体抗氧化能力[28]，这也在一定程度上为德氏乳杆菌改善肉品质提供了依据。

3.3 德氏乳杆菌对育肥猪背最长肌中营养成分的影响

相关研究表明，猪饲粮中添加乳酸菌制剂有改善肌肉营养成分的功效。孙建广[4]报道，发酵乳杆菌可提高生长育肥猪肌肉中亚油酸、二十碳二烯酸、二十碳四烯酸和总多不饱和脂肪酸的含量。邬理洋[8]研究发现，从断奶至出栏，给猪饲喂含乳酸菌的微生态制剂，肌肉中粗蛋白质和粗脂肪含量无显著变化，而肌肉中必需氨基酸、风味氨基酸、总氨基酸含量以及硬脂酸、二十碳二烯酸和单不饱和脂肪酸含量升高。本研究中，饲粮中添加德氏乳杆菌对背最长肌中粗蛋白质和肌内脂肪含量无显著影响，而升高了肉中的风味氨基酸和不饱和脂肪酸含量。相关研究发现，动物肠道菌群在调节肠道对营养物质的消化吸收及代谢过程中有着重要作用，这一作用关系到进入血液中的养分含量及在全身各组织中的沉积量[29-31]。曹玮娜等[26]报道，乳酸菌可产生多种消化酶、维生素、氨基酸等代谢产物，可在一定程度上通过神经内分泌系统及相关功能基因的表达影响机体的营养分配，进而改变机体营养物质组成。侯改凤[32]研究发现，饲粮中添加 0.1%德氏乳杆菌制剂可改善育肥猪血脂状况，降低皮下脂肪的沉积。肌肉组织中营养组成及含量对肌肉品质特性具有重要的影响，可在一定程度上反映动物对饲粮中营养成分的利用和沉积状况[33]，而肌肉中氨基酸和脂肪酸组成与肉品质密切相关，风味氨基酸和不饱和脂肪酸含量越高，肉的鲜味、香味、嫩度和多汁性就越好[34-35]，

而嫩度作为评价肉制品食用物理特性的重要指标，其反映了肉中各种蛋白质的结构特性，肌肉中脂肪的分布状态及肌纤维中脂肪含量等[36]。这为解释饲粮中添加德氏乳杆菌改善了肉的嫩度和肉品质提供了依据。

4 结 论

饲粮中添加 0.1%德氏乳杆菌对育肥猪胴体性状、肉品质和肉中营养成分具有一定的改善作用。

参考文献：

[1] ALLEN H K,LEVINE U Y,LOOFT T,et al.Treatment,promotion,commotion:antibiotic alternatives in food-producing animals[J].Trends in Microbiology,2013,21(3):114–119.

[2] STANTON T B. A call for antibiotic alternatives research[J].Trends in Microbiology,2013,21(3):111–113.

[3] ALLEN H K.Antibiotic resistance gene discovery in food-producing animals[J].Current Opinion in Microbiology,2014,19:25–29.

[4] 孙建广.发酵乳酸杆菌对生长肥育猪生长性能和肉品质的影响[D].硕士学位论文.长沙:湖南农业大学,2009.

[5] 李瑞,侯改凤,黄其永,等.德氏乳杆菌对哺乳仔猪生长性能、血清生化指标、免疫和抗氧化功能的影响[J].动物营养学报,2013,25(12):2943–2950.

[6] 刘统.德氏乳杆菌对哺乳仔猪胃肠道微生物多样性影响研究[D].硕士学位论文.长沙:湖南农业大学,2012.

[7] 龚郁.德氏乳杆菌对哺乳仔猪肠道树突状细胞及相关细胞因子影响研究[D].硕士学位论文.长沙:湖南农业大学,2013.

[8] 邬理洋.微生态制剂和牛膝多糖对猪生长性能和肉质品质影响研究[D].硕士学位论文.长沙:湖南农业大学,2011.

[9] 李瑞,胡国良,刘明,等.日粮中添加中草药制剂对育肥猪生长性能、胴体性状和肉品质的影响[J].中国畜牧兽医,2014,41(2):96–100.

[10] 陈润生.猪生产学[M].北京:中国农业出版社,1995.

[11] 柏美娟,孔祥峰,徐海军,等.瘦肉型和脂肪型肥育猪胴体性状和肉质的比较研究[J].中国畜牧兽医,2009,36(6):178–181.

[12] 许贵善. 20-35kg 杜寒杂交羔羊能量与蛋白质需要量参数的研究[D]. 博士学位论文.北京.中国农业科学院,2013.

[13] 王永超,姜成钢,崔祥,等.添加颗粒料对小牛肉用奶公犊牛生长性能、屠宰性能及组织器官发育的影响[J].动物营养学报,2013,25(5):1113–1122.

[14] 李瑞,侯改凤,刘明,等.德氏乳杆菌对育肥猪生产性能、血脂指标及粪和组织中总胆固醇和总胆汁酸含量的影响[J].动物营养学报,2015,27(1):247–255.

[15] 许梓荣,肖平,卢建军.N-甲基 *D*,*L*-天冬氨酸对肥育猪生长性能和胴体品质的影响[J].中国畜牧杂志,2001,37(4):8–10.

[16] 张克英,陈代文,胡祖禹.次黄嘌呤核苷酸和胶原蛋白与猪肉品质的关系研究[J].四川农业大学学报,2002,20(1):56–59.

[17] SHARIFI S D,DIBAMEHR A,LOTFOLLAHIAN H,et al.Effects of flavomycin and probiotic supplementation to diets containing different sources of fat on growth performance,intestinal morphology,apparent metabolizable energy,and fat digestibility in broiler chickens[J].Poultry Science,2012,91(4):918–927.

[18] ZANNI E,LAUDENZI C,SCHIFANO E,et al.Impact of a complex food microbiota on energy metabolism in the model organism *Caenorhabditis elegans*[J].BioMed Research International,2015,2015:621709.

[19] 张晋青,岳度兵,罗海玲,等.日粮中维生素 E 水平对敖汉细毛羊内脏器官生长发育的影响

[J].中国畜牧杂志,2010,46(17):43–46.
[20] 马青竹.多株益生菌复合饲料发酵剂的应用效果试验[J].饲料工业,2011,32(10):58–61.
[21] 李涛,曾东,倪学勤,等.乳酸杆菌发酵饲料对猪生长性能和肉质及血清抗氧化性能的影响[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2014,40(2):192–195.
[22] 胡新旭,周映华,卞巧,等.无抗生素发酵饲料对生长育肥猪生产性能、血液生化指标和肉品质的影响[J].华中农业大学学报,2015,34(1):72–77.
[23] SUO C,YIN Y S,WANG X N,et al.Effects of *lactobacillus plantarum* ZJ316 on pig growth and pork quality[J].BMC Veterinary Research,2012,8:89.
[24] LIU T Y,SU B C,WANG J L,et al.Effects of probiotics on growth,pork quality and serum metabolites in growing-finishing pigs[J].Journal of Northeast Agricultural University:English Edition,2013,20(4):57–63.
[25] OLSSON J C,WESTERDAHL A,CONWAY P L,et al.Intestinal colonization potential of turbot (*Scophthalmus maximus*)-and dab (*Limanda limanda*)-associated bacteria with inhibitory effects against *Vibrio anguillarum*[J].Applied and Environmental Microbiology,1992,58(2):551–556.
[26] 曹玮娜,任战军,李亚力,等.乳酸菌对獭兔生长性能、肉品质及肌肉胰岛素样生长因子-1、胰岛素样生长因子 1 受体、生长激素受体 mRNA 相对表达量的影响[J].动物营养学报,2014,26(9):2902–2910.
[27] 侯改凤,李瑞,刘明,等.德氏乳杆菌对育肥猪生长性能、养分消化率、血清生化指标及肠道结构的影响[J].动物营养学报,2015,27(9):2871–2877.
[28] COŞKUN Ş,ASLIM B,YUKSEKDAG Z N.Effect of two strains of *Lactobacillus delbruckii* subsp. *bulgaricus* on nitric oxide generation and antioxidant status of rat small intestine[J].Medicinal Chemistry Research,2010,19(9):1082–1091.

[29] CUI C,SHEN C J,JIA G,et al.Effect of dietary *Bacillus subtilis* on proportion of Bacteroidetes and Firmicutes in swine intestine and lipid metabolism[J].Genetics and Molecular Research,2013,12(2):1766–1776.

[30] DAI Z,WU Z,HANG S,et al. Amino acid metabolism in intestinal bacteria and its potential implications for mammalian reproduction[J].Molecular Human Reproduction,2015,21(5):389–409.

[31] USAMI M,MIYOSHI M,YAMASHITA H.Gut microbiota and host metabolism in liver cirrhosis[J].World Journal of Gastroenterology,2015,21(41):11597–11608.

[32] 侯改凤.德氏乳杆菌对育肥猪生长性能、猪肉品质及脂肪沉积的影响研究[D].硕士学位论文.长沙:湖南农业大学,2015.

[33] PONNAMPALAM E N,HOLMAN B W B,KERRY J P.The impact of animal nutrition on muscle composition and meat quality[M]//PRZYBYLSKI W,HOPKINS D.Meat Quality:Genetic and Environmental Factors.London:CRC Press,2016:101–146.

[34] CAMERON N D,ENSER M B.Fatty acid composition of lipid in *Longissimus dorsi* muscle of Duroc and British Landrace pigs and its relationship with eating quality[J].Meat Science,1991,29(4):295–307.

[35] CAMERON N D,ENSER M,NUTE G R,et al.Genotype with nutrition interaction on fatty acid composition of intramuscular fat and the relationship with flavour of pig meat[J].Meat Science,2000,55(2):187–195.

[36] NY/T 1180–2006,肉嫩度的测定 剪切力测定法[S].北京:中国农业出版社,2006.

Effects of *Lactobacillus delbrueckii* on Carcass Traits and Meat Quality of Fattening Pigs

HOU Gaifeng[1,2] LI Rui[1,2*] LIU Ming[1,2] PENG Wei[1,2] PAN Jie[1,2] LI Siyuan[1,2] HUANG

---

*Contributed equally

**Corresponding author, professor, E-mail: huangxi8379@aliyun.com（责任编辑 李慧英）

Xingguo[1,2**]

(1. *College of Animal Science and Technology*, *Hunan Agricultural University*, *Changsha* 410128, *China;* 2. *Hunan Co-Innovation Center of Animal Production Safety*, *Changsha* 410128, *China*)

Abstract： The study was carried out to investigate the influence of dietary *Lactobacillus delbrueckii* on carcass traits, meat quality and nutrient composition of *Longissimus dorsi* of fattening pigs. A total of 120 healthy “Duroc×(Landrace×Yorkshire)” fattening pigs with average body weight of (65.34±3.64) kg were randomly allotted to 2 groups with 6 replicates per group and 10 pigs per replicate (male and female in half). The pigs in control group were fed a basal diet without antibiotics, and those in experimental group were fed basal diets supplemented with 0.10% *Lactobacillus delbrueckii*. The experiment lasted for 42 days. The results showed that there were no significant differences between two groups in carcass traits of fattening pigs (P>0.05). Compared with control group, spleen weight rate and pancreatic weight rate of fattening pigs in experimental group were significantly increased (P<0.05). There were no significant differences in meat quality of fattening pigs between two groups at 45 minutes after slaughter (P>0.05). However, the meat yellowness of fattening pigs in experimental group was significantly higher than that in control group and meat shear force of fattening pigs in experimental group was significantly lower than that in control group at 24 h after slaughter (P<0.05). Compared with control group, the contents of glycine, alanine and flavor amino acids of longissimus dorsi of fattening pigs in experimental group were significantly increased (P<0.05), the contents of decanoic acid and palmitic acid of *Longissimus dorsi* were significantly decreased (P<0.05), the contents of palmitoleic acid, linoleic acid and polyunsaturated fatty acids of *Longissimus dorsi* were significantly increased (P<0.05). The results suggest that dietary 0.1% *Lactobacillus delbrueckii* is benefit to carcass traits, meat quality and nutrient composition of fattening pigs.

Key words: *Lactobacillus delbrueckii*; fattening pigs; carcass traits; meat quality; nutrient

composition